

# OPTIMASI SIFAT MEKANIS KEKUATAN TARIK BAJA ST 50 DENGAN PERLAKUAN GAS *CARBURIZING* VARIASI *HOLDING TIME* UNTUK PENINGKATAN MUTU BAJA STANDAR UJI ASTM A370

<sup>(1)</sup>Unung Lesmanah, <sup>(2)</sup>Eko Marsyahyo, <sup>(3)</sup>Prima Vitasari

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Univ. Islam Malang, Mahasiswi Program Pascasarjana ITN Malang

<sup>(2)</sup>Dosen dan Peneliti Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

<sup>(3)</sup>Dosen Pascasarjana ITN Malang

<sup>(1)</sup>Email : [ununglesmanah@yahoo.com](mailto:ununglesmanah@yahoo.com)

<sup>(2)</sup>[marsyahyo@yahoo.co.uk](mailto:marsyahyo@yahoo.co.uk)

## Abstract

*ST 50 steel as a common engineering material, it can be optimized using gas carburizing treatment in Fluidized Bed Furnaces. Gas as carburizing media in the fluidied bed with varied by holding time variation such as 1 hour, 2 hours, 3 hours, 4 hours, and 5 hours. The holding time variation is to be intern of mechanical properties of the steel. Optimized value of mechanical properties ST 50 was activated in 3 hours of the treatment, it found average of tensile strength 651,7 MPa. The results above were based on A370 ASTM standar. From SEM (Scanning Electron Microscope), fracture model also showed from SEM that the steel has hard and brittle fracture. It can be concluded that optimized steel using gas carburizing treatment shows significant improve of mechanical properties from steels.*

**Keyword :** *Tensile Strength, Gas Carburizing, Holding Time, ASTM standards.*

## PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan teknologi menyebabkan kebutuhan bahan sangat meningkat, serta ditingkatannya pengembangan perindustrian otomotif dan perindustrian salah satunya adalah pembuatan poros engkol, roda gigi otomotif dan lain-lain yang sangat banyak menggunakan logam ferrous maka mendorong untuk mengkaji banyak tentang keberadaan logam, khususnya baja.

Faktor yang sangat diperlukan dalam pemakaian baja adalah kondisi kerja dari komponen permesinan tersebut, yang dalam operasinya akan mengalami pembebanan statis ataupun pembebanan dinamis serta sering mengalami beban gesekan (*friction*), seperti impack dan keausan. Mengingat hal tersebut dibutuhkan sifat-sifat mekanik yang memadai, sehingga umur

pakai dari komponen permesinan dapat ditingkatkan (Malau dan Khasani, 2008).

Seringkali dalam pemakaian komponen mesin atau perkakas diperlukan permukaan yang keras dan ketahanan aus yang tinggi. Untuk mendapatkan sifat yang demikian itu, maka komponen-komponen permesinan perlu diberikan perlakuan panas (*heat treatment*). Pada dasarnya heat treatment adalah proses perubahan struktur mikro atau transformasi fase suatu logam dengan memanaskan hingga temperatur tertentu dan waktu penahanan tertentu (*holding time*) tertentu pula, yang selanjutnya didinginkan dengan media pendingin tertentu, dengan harapan proses perlakuan panas tersebut dapat memperbaiki sifat-sifat mekanis baja (Hamzah dan Iqbal, 2008).

Berbagai metoda peningkatan sifat mekanis dapat diaplikasikan dan salah satunya dengan *carburizing*. Proses *carburizing* merupakan salah satu *heat treatment* yang didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetap liat. Proses *carburizing* atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cair dan gas (Amstead, 1979).

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk mengukur perubahan nilai kekuatan tarik baja karbon ST 50 dengan perlakuan gas *carburizing* variasi *holding time* : 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam sehingga diketahui nilai kekuatan tarik yang optimum.
- Untuk mengamati perubahan foto makro dan mikro berdasarkan hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada baja karbon ST 50 tanpa dan dengan perlakuan gas *carburizing*.
- Menghasilkan kajian tentang proses pengoptimalan yang dapat dilakukan pada perlakuan gas *carburizing* terhadap material teknik pada bidang proses produksi yang digunakan pada dunia industri.
- Memberikan kontribusi secara teoritis dan praktis pada dunia industri terkait dengan kajian proses *heat treatment* dengan proses gas *carburizing*.

Karburasi atau Carburizing adalah proses perlakuan termokimia, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan. Agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya, komposisi karbon pada baja harus berkisar antara 0,3 sampai 0,9% karbon. Bila lebih dari 0,9% harus dihindarkan karena dapat

menimbulkan pengelupasan dan bahkan keretakan (Kuswanto, 2010).

Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan baja karbon dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon tersebut. Manfaat yang patut dipertimbangkan dalam penerapan proses karburasi adalah bahwa proses karburasi akan menghasilkan deformasi yang sangat kecil dibandingkan pada proses pengerasan yang diperoleh melalui pendinginan (*quenching*) (Malau dan Khasani, 2008).

Uji kekuatan tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur *rata-rata* dari pengujian tarik. Tegangan tersebut diperoleh dengan cara membagi beban dengan *luas awal* penampang lintang benda uji.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan tarik (kg/mm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban yang diterapkan (kg)

$A_0$  = Luas penampang spesimen (mm<sup>2</sup>)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan rekayasa adalah regangan linear rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur benda uji dengan panjang awal spesimen.

$$e = \frac{\delta}{L_0} = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta L - L_0}{L_0}$$

dengan :

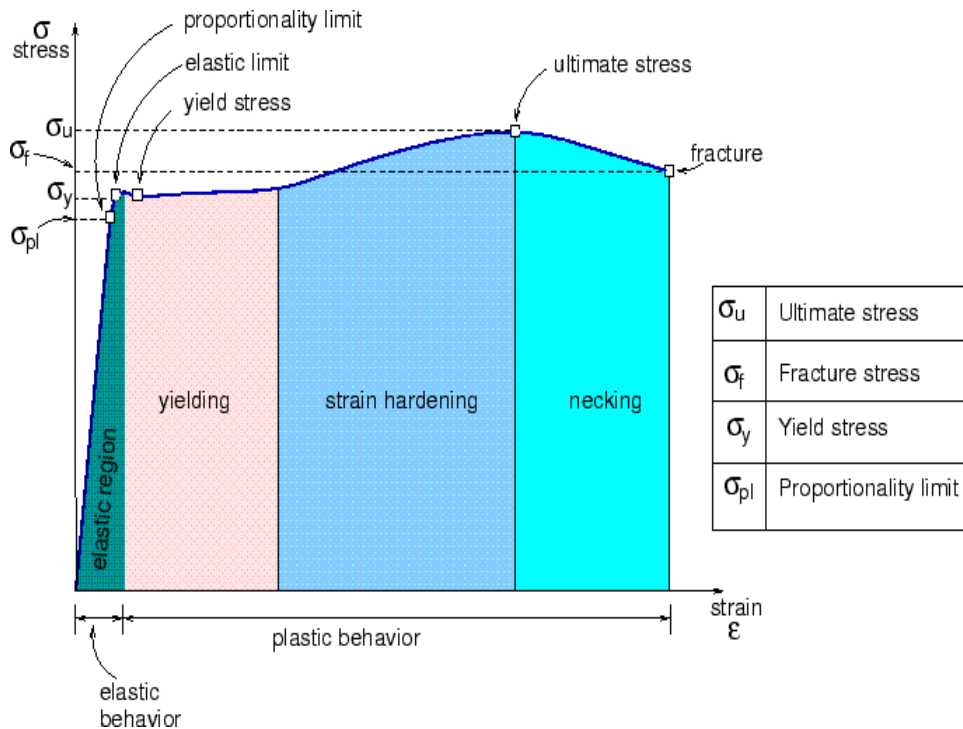
$\varepsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  = Perubahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

Karena tegangan dan regangan diperoleh dengan cara membagi beban dengan faktor yang konstan, kurva

beban perpanjangan akan mempunyai bentuk yang sama seperti kurva tegangan-regangan di bawah ini. (Dieter, 1993).



**Gambar 1.** Diagram Tegangan-Regangan

Beberapa yang diperoleh dari uji tarik ditunjukkan pada Diagram Tegangan-Regangan yaitu (Vlack, 2004):

- Batas Proporsional (*Proportionality Limit*) ( $\sigma_{pl}$ ), bagian dari diagram ini disebut deformasi elastik (*Elastic Behavior*) terjadi bila material atau bahan dibebani gaya tarik atau beban, material atau bahan akan bertambah panjang setelah gaya ditiadakan, maka material akan kembali ke bentuk semula. Pada saat ini regangan akan sebanding dengan tegangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut modulus elastisitas (Modulus Young).
- Kekuatan Luluh (*yield stress*) ( $\sigma_y$ ), adalah batas kekuatan bahan untuk menghasilkan deformasi dimana saat beban dihilangkan bahan masih dapat kembali ke bentuk semula namun terjadi deformasi permanen yang kecil.
- Kekuatan Tarik (*ultimate strength*) ( $\sigma_u$ ), adalah tegangan maksimum yang bekerja pada bahan. Harga maksimum ini dicapai karena deformasi plastis bertambah besar dan terjadi pengerasan regang (*strain hardening*) sehingga beban yang diperlukan untuk berdeformasi lagi bertambah besar.
- Setelah terjadi tegangan maksimum kemudian tegangan menurun bersamaan dengan bertambahnya

regangan sampai terjadi *Fracture Stress* ( $\sigma_f$ ) ketika bahan tersebut putus.

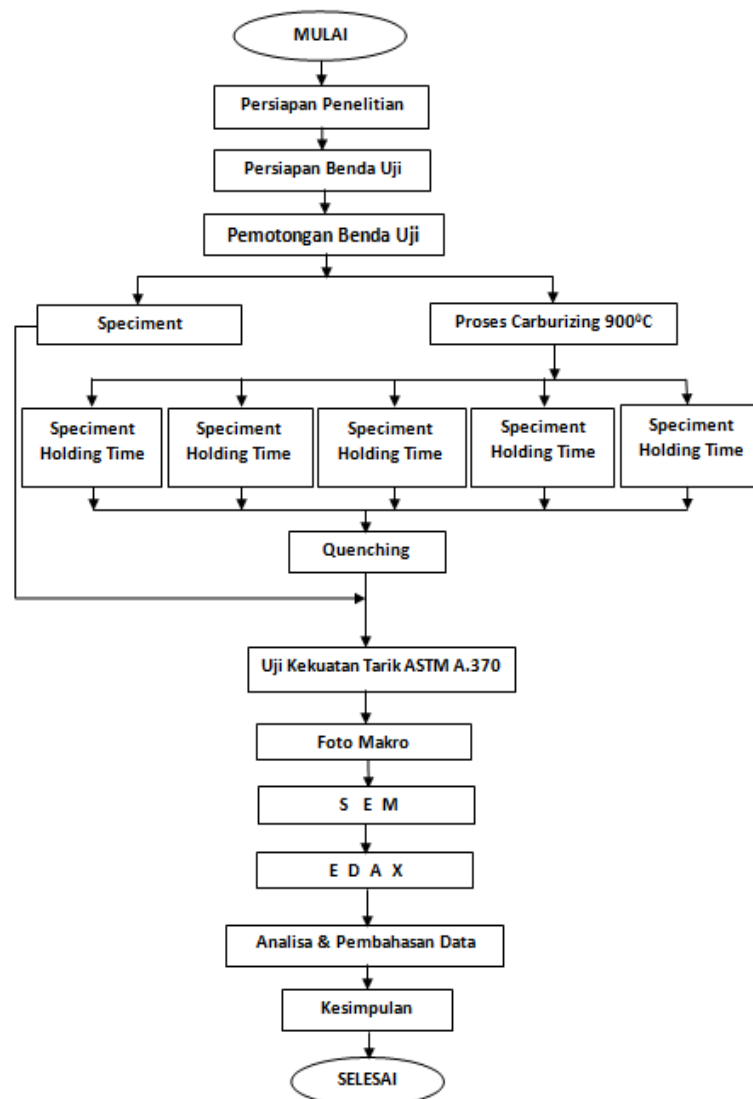
## METODE PENELITIAN

Untuk meningkatkan sifat mekanis dari baja dapat dilakukan *carburizing* dengan menggunakan *fluidized bed furnace* atau dapur lainnya yang berfungsi sama, dimana baja dipanaskan sampai temperatur 900°C dengan waktu proses untuk carburizing bervariasi sebagai berikut: 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam.

Pada penelitian ini, ada beberapa masalah yang akan dibahas, yaitu :

- Holding time* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kekuatan tarik yang optimum pada baja karbon ST 50.
- Terjadi perubahan foto makro pada baja karbon ST 50 tanpa dan dengan perlakuan gas *carburizing*.
- Terjadi perubahan foto struktur pada baja karbon ST 50 tanpa dan dengan perlakuan gas *carburizing* berdasarkan hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Gambar 2 menunjukkan tentang diagram alir penelitian yang dilakukan dalam proses penelitian ini.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN DISKUSI

Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik baja carbon ST 50 dengan perlakuan gas *carburizing* yaitu

spesimen dipanaskan di dalam dapur 900°C kemudian di *holding time* selama 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam dan 5 jam masing-masing variasi sebanyak 3 spesimen (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil Penelitian Nilai Kekuatan Tarik Baja Carbon ST 50 dengan Perlakuan *Carburizing*

Spesimen	Variasi <i>Holding Time</i>					
	Tanpa Perlakuan	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
1	479,906	560,081	679,855	625,837	587,615	407,09
2	540,515	646,157	514,817	672,849	657,461	576,113
3	520,751	560,081	584,158	656,28	594,279	412,89
Jumlah	1541,172	1766,319	1778,83	1954,966	1839,36	1396,093
Rata-Rata	513,724	588,773	592,943	651,655	613,118	465,364

Untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik pada baja karbon ST 50 setelah perlakuan gas *carburizing* dengan variasi *holding time*, maka dari

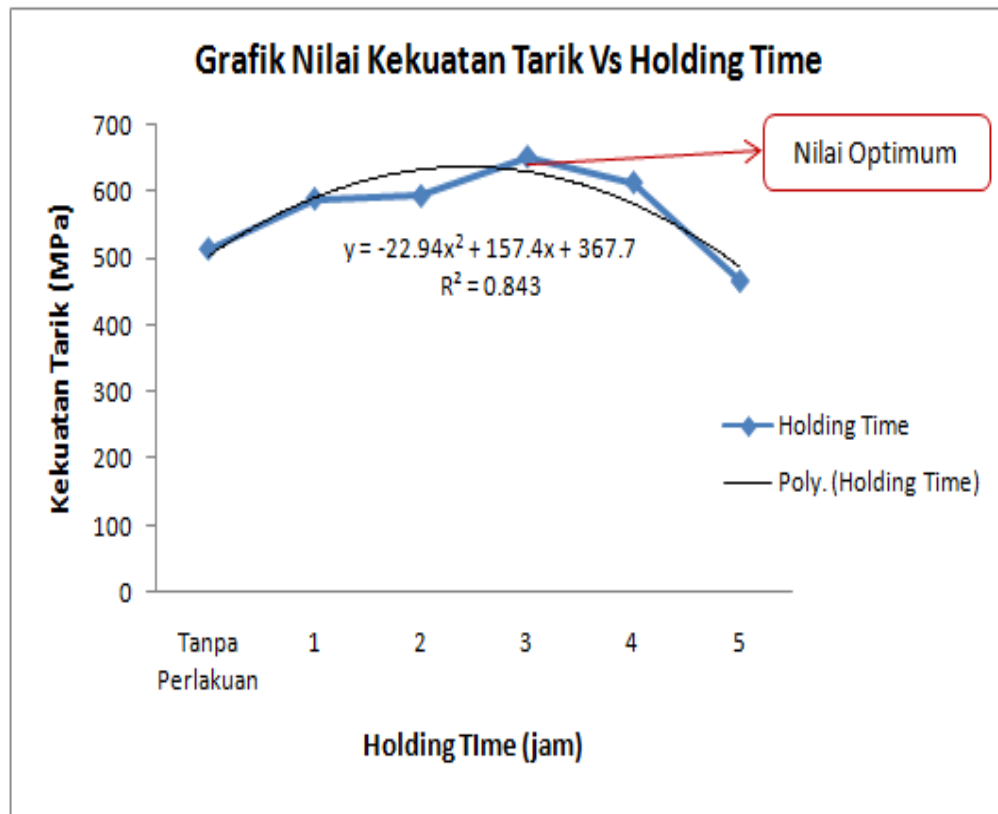
data hasil pengujian kemudian dianalisis dengan anova satu arah sebagai berikut (Tabel 2 dan 3):

**Tabel 2.** Nilai Rata-Rata Kekuatan Tarik Baja Carbon ST 50 Setelah Perlakuan Gas *Carburizing*

X Spesimen	Variasi <i>Holding Time</i>				
	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
1	560,1	679,9	625,8	587,6	407,1
2	646,2	514,8	672,9	657,5	576,1
3	560,1	584,2	656,3	594,5	412,9
$\Sigma$	1766,3	1778,8	1954,9	1839,4	1396,1
$\bar{X}_j$	588,8	592,9	651,7	613,2	465,4
$\bar{X}$	582,4				

**Tabel 3.** Hasil Analisis Varian Nilai Kekuatan Tarik dengan Menggunakan SPSS 18

	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Between Groups</i>	58235,3	4	14558,8	3,5	,05
<i>Within Groups</i>	41710,5	10	4171,1		
Total	99945,7	14			

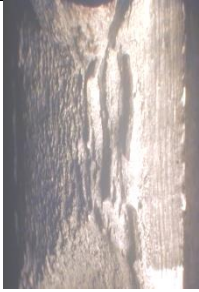

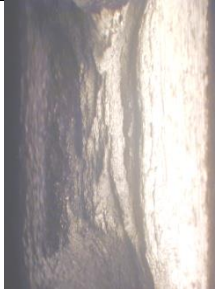











**Gambar 3.** Grafik Nilai Kekuatan Tarik (MPa)

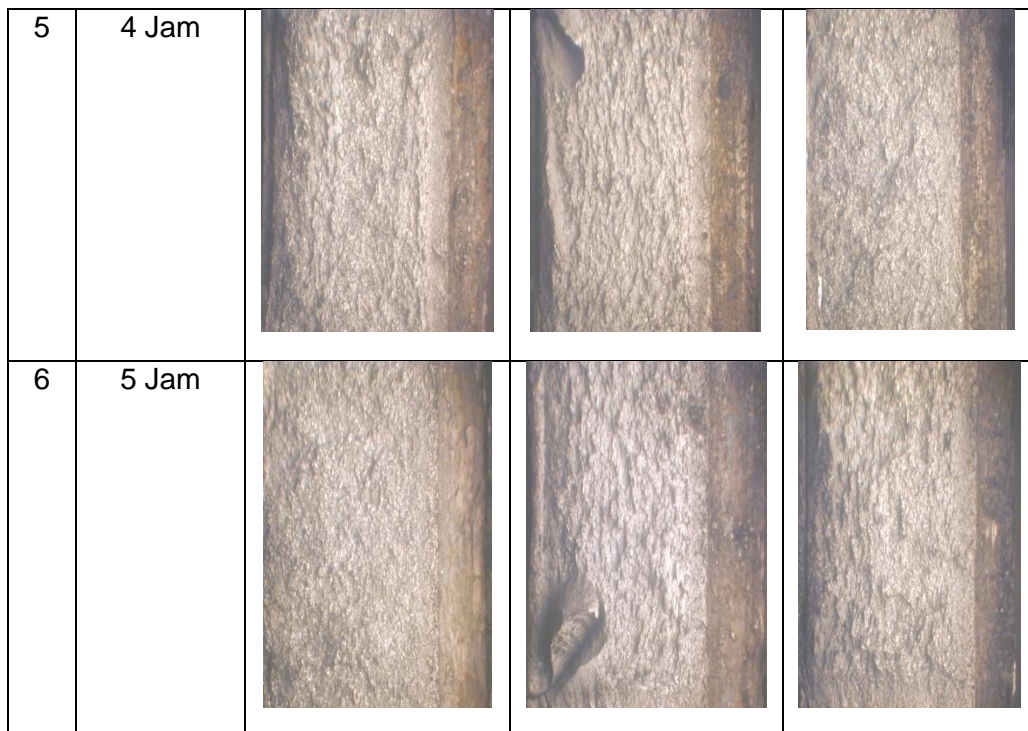
Pada hasil pengujian kekuatan tarik data yang diperoleh dianalisis dengan Anova diperoleh kesimpulan bahwa terdapat perbedaan pada nilai kekuatan tarik pada baja carbon ST 50 dengan perlakuan gas carburizing variasi *holding time* yaitu: tanpa perlakuan gas carburizing nilai rata-rata nilai kekuatan tarik 513,7 MPa naik 14,6% setelah perlakuan gas carburizing *holding time* 1 jam menjadi 588 MPa, naik 0,71% di *holding time* 2 jam menjadi 592,9 MPa, naik 9,9%, 3 jam 651,7 MPa, 4 jam turun 5,9% menjadi 613,2 MPa dan *holding time* 5 jam turun 24,09% nilai kekuatan tariknya menjadi 465,4 MPa. Sehingga

kekuatan tarik yang optimum pada *holding time* 3 jam sesuai dengan hasil analisis uji *t* dan ditunjukkan pula pada grafik nilai kekuatan tarik maksimum 651,7 MPa, serta diperoleh persamaan garis polinomial  $y = -22,94x^2 + 157,4x + 367,7$  dan koefisien korelasi  $R^2 = 0,84$  yang menunjukkan hubungan antara variabel "y" (nilai kekuatan tarik) dan variabel "x" (*holding time*) sangat kuat sekali (Gambar 3).

Dari foto-foto makro struktur yang diperoleh dari pengujian ketangguhan impact seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

No	Holding Time	Foto Makro Patahan		
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	Tanpa Perlakuan			
2	1 Jam			
3	2 Jam			
4	3 Jam			

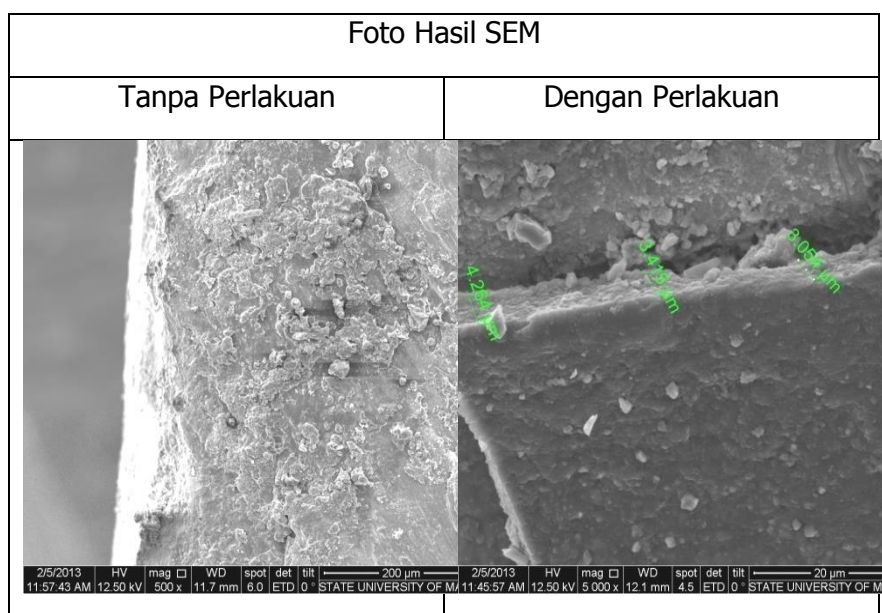




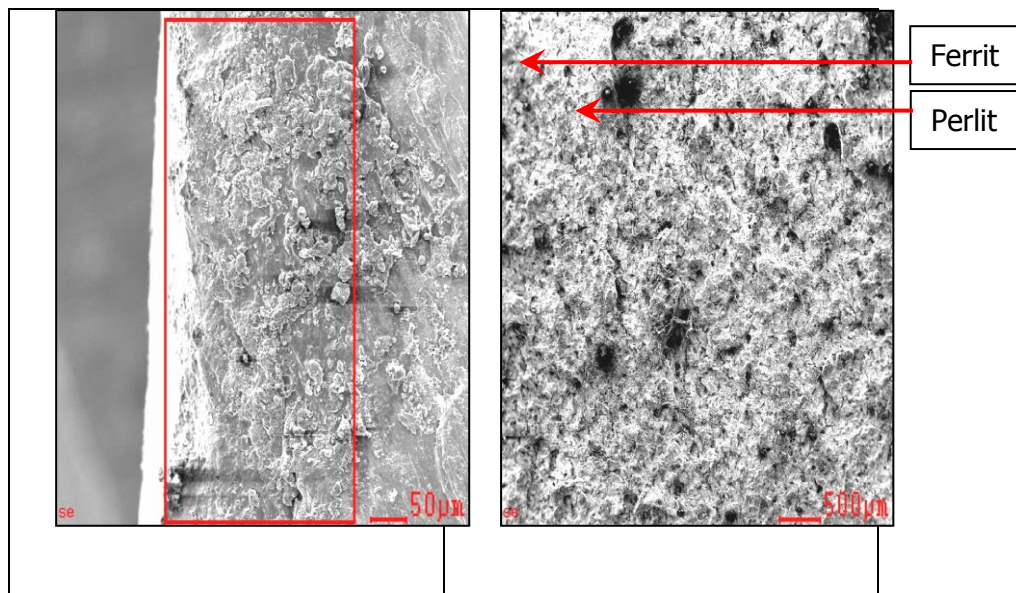
**Gambar 4.** Foto Makro Struktur patahan sisi luar dan dalam spesimen uji tarik

Pada Gambar 4 terlihat permukaan yang mengalami peningkatan nilai kekerasan. Foto tampak menunjukkan model patahan getas. Sedangkan foto yang tampak pada spesimen yang tidak mengalami perlakuan *carburizing*

menunjukkan patahan ulet (*ductile*). Model patahan getas menandakan peningkatan unsur carbon (C) yang bersifat menambah kekerasan pada bahan baja yang dikenai perlakuan.







**Gambar 5.** Foto SEM permukaan patahan sisi luar spesimen uji tarik

Dari foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara baja carbon ST 50 tanpa perlakuan gas *carburizing* dan dengan perlakuan gas *carburizing* yaitu: tanpa perlakuan gas *carburizing* menunjukkan struktur ferit (putih) lebih banyak, akan tetapi dengan perlakuan gas *carburizing* justru struktur perlitnya (hitam) yang lebih banyak daripada feritnya, yang berarti bahwa kandungan carbonnya lebih banyak setelah proses gas *carburizing* yang mengindikasikan model patahan getas dengan distribusi butiran didaerah permukaan patahan yang lebih merata dan seragam dibandingkan permukaan patahan spesimen yang tidak mengalami perlakuan gas *carburizing*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data penelitian dan hasil analisa serta pembahasan yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kekuatan tarik pada baja karbon ST 50 dengan

perlakuan gas *carburizing* variasi *holding time*, terdapat perubahan dan perbedaan pada nilai kekuatan tarik, sedangkan kekuatan tarik optimum terjadi saat di *holding time* 3 jam dengan nilai kekuatan tarik 651,655 MPa, serta diperoleh persamaan garis polinomial  $y = -22,94x^2 + 157,4x + 367,7$  dan koefisien korelasi  $R^2 = 0,843$  yang menunjukkan hubungan antara variabel "y" (nilai kekuatan tarik) dan variabel "x" (*holding time*) korelasi tinggi.

2. Pada hasil foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bahwa baja carbon ST 50 tanpa perlakuan gas *carburizing* menunjukkan struktur ferit (putih) lebih banyak, akan tetapi dengan perlakuan gas *carburizing* justru struktur perlitnya (hitam) yang lebih banyak daripada feritnya, yang berarti bahwa kandungan carbonnya lebih banyak setelah proses gas *carburizing*, dan mengindikasikan model patahan getas dengan distribusi butiran didaerah permukaan patahan yang

lebih merata dan seragam dibandingkan permukaan patahan specimen yang tidak mengalami perlakuan gas *carburizing*.

Material, 2001, *Annual Book Of ASTM Standards*.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Amstead B. H., 1979, *Manufacturing Process, in Canada, Published Simultaneously, Seven Edition*.

Asfarizal, 2008, Peningkatan Kekerasan Dengan Metoda Karburisasi Pada Baja Karbon Rendah (Medan) dengan Media Kokas, Journal TeknikA No. 30 Vol.1 Thn. XV November 2008, ISSN : 0854-8471

Dieter, G. E, 1993. Metalurgi Mekanik (Alih Bahasa, Sriati Djaprie), Jakarta, Erlangga, Jilid I, Edisi keempat.

Hamzah, M.S., dan Iqbal, M., 2008. Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah dengan Metode *Carburizing*, Jurnal SMARTEK, Vol. 6, No. 3, Agustus 2008: 169 – 175.

Kuswanto, B, 2010. Peningkatan Kekuatan Tarik Maksimum Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Proses Penambahan Karbon Padat, Journal TEKNIS Vol. 5 No.3 Desember 2010: 117 – 120

Malau,V, M. Khasani, 2008. Karakterisasi Laju Keausan Dan Kekerasan dari *Pack Carburizing* Pada Baja Karbon AISI 1020, MEDIA TEKNIK No. 3 Tahun XXX, ISSN 0216-3012.

Vlack, L. H. Van, 2004. Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material (Alih bahasa, Sriati Djaprie), Jakarta, Erlangga, Edisi keenam.

\_\_\_\_\_, *ASTM Standards: A370, The American Socecty For Testing And*